

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5584552号
(P5584552)

(45) 発行日 平成26年9月3日(2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日(2014.7.25)

(51) Int.Cl.		F I	
G 1 1 B	7/135	(2012.01)	G 1 1 B 7/135 A
G 0 2 B	13/00	(2006.01)	G 0 2 B 13/00
G 0 2 B	13/18	(2006.01)	G 0 2 B 13/18

請求項の数 12 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2010-178722 (P2010-178722)	(73) 特許権者	000113263 H O Y A 株式会社 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
(22) 出願日	平成22年8月9日(2010.8.9)	(74) 代理人	100078880 弁理士 松岡 修平
(65) 公開番号	特開2011-150773 (P2011-150773A)	(72) 発明者	井上 智 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内
(43) 公開日	平成23年8月4日(2011.8.4)	(72) 発明者	竹内 修一 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内
審査請求日	平成25年7月19日(2013.7.19)	審査官	ゆずりは 広行
(31) 優先権主張番号	特願2009-289228 (P2009-289228)		
(32) 優先日	平成21年12月21日(2009.12.21)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光情報記録再生装置用対物レンズ、及び光情報記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置に搭載される光情報記録再生装置用対物レンズにおいて、

前記第一の波長を λ_1 (単位: nm) と定義し、前記第二の波長を λ_2 (単位: nm) と定義した場合に、

$$380 < \lambda_1 < 420$$

$$640 < \lambda_2 < 700$$

であり、

前記第一の波長 λ_1 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第一の光ディスクの保護層を t_1 (単位: mm) と定義し、前記第二の波長 λ_2 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第二の光ディスクの保護層を t_2 (単位: mm) と定義した場合に、

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

であり、

前記第一の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を NA_1 と定義し、前記第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を NA_2 と定義した場

合に、

$$NA1 > NA2$$

であり、

光源側の面又は前記光ディスク側の面の少なくとも一方に、

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に、前記第二の波長 2 の光束を前記第二の光ディスクの記録面上に、それぞれ収束させる第一領域であって、光軸を中心とする同心状の複数の屈折面に分割され、互いに隣り合う該屈折面の境界において入射光束に対して光路長差を付与する第一の段差を有し、該第一の段差を透過した第一の波長 1、第二の波長 2 の各光束使用時における回折効率が最大となる回折次数が共に 1 次である第一領域と、

10

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に収束させて、前記第二の波長 2 の光束を前記第一、前記第二の光ディスクの何れの記録面上にも収束させない、前記第一領域の外側に配置された第二領域であって、前記光軸を中心とする同心状の複数の屈折面に分割され、互いに隣り合う該屈折面の境界において入射光束に対して光路長差を付与する第二の段差を有する第二領域と、

を有し、
前記第二の段差には、前記第二領域における前記第一の波長 1 の光束に対する光利用効率に影響を与えるダレが形成され、

前記第一領域における回折効率を η_{in} と定義し、前記第二領域の光軸と垂直な平面での投影面積を S_{out} と定義し、該第二領域のうち前記ダレが形成された領域の光軸と垂直な

20

平面での投影面積を S_d と定義した場合に、次の条件 (1)

$$0.80 < ((S_{out} - S_d) / S_{out})^2 / \eta_{in} < 1.45 \quad \dots \quad (1)$$

を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 2】

記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置に搭載される光情報記録再生装置用対物レンズにおいて、

前記第一の波長を λ_1 (単位: nm) と定義し、前記第二の波長を λ_2 (単位: nm) と定義した場合に、

30

$$380 < \lambda_1 < 420$$

$$640 < \lambda_2 < 700$$

であり、

前記第一の波長 1 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第一の光ディスクの保護層を t_1 (単位: mm) と定義し、前記第二の波長 2 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる前記第二の光ディスクの保護層を t_2 (単位: mm) と定義した場合に、

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

であり、

40

前記第一の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を $NA1$ と定義し、前記第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数を $NA2$ と定義した場合に、

$$NA1 > NA2$$

であり、

光源側の面又は前記光ディスク側の面の少なくとも一方に、

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に、前記第二の波長 2 の光束を前記第二の光ディスクの記録面上に、それぞれ収束させる第一領域であって、光軸を中心とする同心状の複数の屈折面に分割され、互いに隣り合う該屈折面の境界において入射光束に対して光路長差を付与する第一の段差を有し、該第一の段差を透過した第

50

一の波長 1、第二の波長 2 の各光束使用時における回折効率が最大となる回折次数が共に 1 次である第一領域と、

前記第一の波長 1 の光束を前記第一の光ディスクの記録面上に収束させて、前記第二の波長 2 の光束を前記第一、前記第二の光ディスクの何れの記録面上にも収束させない、前記第一領域の外側に配置された第二領域であって、前記光軸を中心とする同心状の複数の屈折面に分割され、互いに隣り合う該屈折面の境界において入射光束に対して光路長差を付与する第二の段差を有する第二領域と、
を有し、

前記第二の段差には、前記第二領域における前記第一の波長 1 の光束に対する光利用効率に影響を与えるダレが形成され、

10

前記第一領域における回折効率を in と定義し、前記第二領域における前記ダレの影響を含んだ光利用効率を out と定義した場合に、次の条件 (2)

$$0.80 < out / in < 1.45 \quad \dots (2)$$

を満たすことを特徴とする光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 3】

前記ダレは、前記第二の段差の前記光軸方向における高さと同等の幅を有する、請求項 1 または請求項 2 に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 4】

前記第一領域におけるブレイズ波長を $B1$ と定義した場合に (単位: nm) 次の条件 (3)

20

$$450 < B1 < 530 \quad \dots (3)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 5】

前記第二領域におけるブレイズ波長を $B2$ (単位: nm) と定義した場合に、次の条件 (4)

$$390 < B2 < 420 \quad \dots (4)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 4 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 6】

30

前記第一の波長 1 の光束に対する開口数を $NA1'$ と定義し、前記第二の波長 2 の光束に対する開口数を $NA2'$ と定義した場合に、次の条件 (5)、(6)

$$0.78 < NA1' < 0.90 \quad \dots (5)$$

$$0.58 < NA2' < 0.68 \quad \dots (6)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 7】

次の条件 (7)

$$0.85 < ((Sout - Sd) / Sout)^2 / in < 1.15 \quad \dots (7)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 を引用する請求項 3 から請求項 6 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

40

【請求項 8】

次の条件 (8)

$$0.85 < out / in < 1.15 \quad \dots (8)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 2 を引用する請求項 3 から請求項 6 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 9】

前記第一領域と前記第二領域に含まれる段差の総数は、20 以上であることを特徴とする、請求項 1 から請求項 8 の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項 10】

50

前記第二領域に含まれる段差の数は、1以上であることを特徴とする、請求項1から請求項9の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項11】

前記第二領域において前記第一の波長1の光束の回折効率が最大となる回折次数が1次であることを特徴とする、請求項1から請求項10の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズ。

【請求項12】

記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置において、

請求項1から請求項11の何れか一項に記載の光情報記録再生装置用対物レンズと、前記第一又は前記第二の光ディスクの記録面からの戻り光を検出して所定の信号処理を行う信号処理手段と、を有することを特徴とする光情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、規格の異なる複数種類の光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うのに適した構成の光情報記録再生装置用対物レンズ、及び該対物レンズを搭載した光情報記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光ディスクには、DVD (Digital Versatile Disc) やBD (Blu-ray Disc) 等の記録密度や保護層厚の異なる複数種類の規格が存在する。規格の異なる複数種類の光ディスクが存在するため、光情報記録再生装置に搭載された対物光学系には、各光ディスクに対する互換性が要求される。ここで、互換性とは、使用する光ディスクを切り替えたときに部品交換等をすることなく情報の記録又は再生が保証されることである。

【0003】

対物光学系が規格の異なる複数種類の光ディスクに対して互換性を持つためには、ディスク厚 (保護層表面から記録面までの光学的距離) に応じて変化する球面収差を補正すると同時に、対物光学系の開口数 (NA) を変化させて記録密度の違いに対応したビームスポットを得る必要がある。一般に、ビームスポットは、波長が短いほど小さく絞られる。そこで、光情報記録再生装置は、光ディスクの記録密度毎に、異なる波長のレーザー光を使用するように構成されている。光情報記録再生装置は、例えばDVDの記録又は再生を行う場合、約660nmの波長の光 (いわゆる赤色レーザー光) を使用する。BDの記録又は再生を行う場合には、約405nmの波長の光 (いわゆる青色レーザー光) を使用する。複数種類の規格の光ディスクに対して互換性を持つ光情報記録再生装置の具体的構成例は、特許文献1～3に記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-265573号公報

【特許文献2】特開2004-326862号公報

【特許文献3】特開平7-98431号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

例えば、特許文献1や2には、BDとDVDの両規格に対して互換性を持たせるため、光軸を中心とする同心輪帯状の回折構造を対物レンズの一面に設けた光情報記録再生装置が記載されている。回折構造は、BDの記録面に対する青色レーザー光及びDVDの記録

10

20

30

40

50

面に対する赤色レーザー光の収束に寄与する第一領域と、BDの記録面に対する青色レーザー光の収束にのみ寄与する第二領域とを有している。回折構造は、各規格のレーザー光使用時における回折効率を向上させるため、各規格のレーザー光に対してそれぞれ異なる高次の回折光を使用するように設計されている。しかし、この回折構造は、一段当たりの段差高さが高いため、金型加工や成形が難しいという問題を抱えている。

【0006】

上記の問題を解消するためには、各規格のレーザー光使用時における回折次数（回折率が最大となる次数）を共に低次に設定する必要がある。ところが、各回折次数を互いに異なる次数であって低次に設定すると、少なくとも一方の規格のレーザー光使用時における回折効率が低下するという問題が避けられない。そこで、本出願人は、各規格のレーザー光に対して低次かつ同次数の回折光を使用するように回折構造を設計すべき点に着目した。

10

【0007】

ところが、各規格のレーザー光に対して低次かつ同次数の回折光を使用するように第一領域を設計すると、第一領域における青色レーザー光の回折効率が第二領域における青色レーザー光の回折効率よりも低くなる。青色レーザー光は、瞳中心と瞳周辺とで透過光量が不均一であることから、超解像の影響を受ける。超解像とは、瞳周辺と瞳中心で透過光量が同等である場合よりも、瞳周辺で透過光量が瞳中心と比べて高い場合にスポットサイズが小さく絞られる現象をいう。そのため、光ディスクの記録面に形成されるスポットは、想定されるサイズよりもかなり小さく絞られる。この場合、記録面上のピットに対してスポットが小さすぎるため、情報の記録又は再生が良好に行われずという問題が生じる。

20

【0008】

特許文献3に記載の光情報記録再生装置では、レーザー光の周辺ほど光量が低下するという性質を利用して、瞳中心と瞳周辺とで透過光量が不均一になるという問題を是正している。具体的には、コリメートレンズの取り込み角を広く設定することによって対物光学系の周辺部に入射する光量を減らして、周辺部の透過光量を中央部の透過光量に近付けるよう試みている。しかし、この場合、コリメートレンズの焦点距離に対する設計上の制約が厳しく、対物光学系の結像倍率を自由に設定し難くなるという問題がある。

【0009】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、BDやDVD等の規格の異なる複数種類の光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うのに好適に構成された光情報記録再生装置用対物レンズ、及び該対物レンズを搭載した光情報記録再生装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う光情報記録再生装置に搭載されたレンズである。なお、第一の波長 λ_1 （単位： nm ）、第二の波長 λ_2 （単位： nm ）はそれぞれ、

$$380 < \lambda_1 < 420$$

$$640 < \lambda_2 < 700$$

を満たす。第一の波長 λ_1 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる第一の光ディスクの保護層 t_1 （単位： nm ）、第二の波長 λ_2 の光束を用いて情報の記録又は再生が行われる第二の光ディスクの保護層 t_2 （単位： nm ）はそれぞれ、

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

を満たす。第一、第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生に必要な開口数 NA_1 、 NA_2 は、

40

50

$NA1 > NA2$

を満たす。

【0011】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、光源側の面又は光ディスク側の面の少なくとも一方に、第一の波長 λ_1 の光束を第一の光ディスクの記録面上に、第二の波長 λ_2 の光束を第二の光ディスクの記録面上に、それぞれ収束させる第一領域であって、光軸を中心とする同心状の複数の屈折面に分割され、互いに隣り合う該屈折面の境界において入射光束に対して光路長差を付与する第一の段差を有し、該第一の段差を透過した第一の波長 λ_1 、第二の波長 λ_2 の各光束使用時における回折効率が最大となる回折次数が共に1次である第一領域を有する。そして、第一領域の外側に、第一の波長 λ_1 の光束を第一の光ディスクの記録面上に収束させて、第二の波長 λ_2 の光束を第一、第二の光ディスクの何れの記録面上にも収束させない第二領域であって、光軸を中心とする同心状の複数の屈折面に分割され、互いに隣り合う該屈折面の境界において入射光束に対して光路長差を付与する第二の段差を有する第二領域とを有する。この光情報記録再生装置用対物レンズは、第一領域における回折効率を η_{in} と定義し、第二領域の光軸と垂直な平面での投影面積を S_{out} と定義し、前記第二領域において段差位置から光軸方向の段差高さと同等の幅のダレがあるとした時の光軸と垂直な平面での投影面積を S_d と定義した場合に、次の条件(1)

$$0.80 < ((S_{out} - S_d) / S_{out})^2 / \eta_{in} < 1.45 \quad \dots \quad (1)$$

を満たすように構成される。

【0012】

条件(1)を満たす、つまり、第一領域でのブレイズ波長を第二領域の段差数に応じて適切にコントロールすることにより(別の表現をすると、第一領域での回折効率と第二領域での輪帯損失を考慮した透過率とを近付けることにより)、第一領域と第二領域の透過光量のバランスが取れて、第一の光ディスクの記録面に良好なスポットが形成される。輪帯損失は、金型加工での精度や成形での転写性の影響で輪帯ダレが発生することにより、実質的に光が集光に寄与しなくなることをいう。条件(1)の上限を上回る場合、第二領域の透過光量が第一領域の透過光量と比べて過剰である。よって、超解像の影響が避けられず、第一の光ディスクの記録面上でスポットが絞られすぎるとなる。条件(1)の下限を下回る場合は、第二領域の透過光量が非常に少なくなる。すなわち、第二領域が第一の波長 λ_1 の光束に対して実質的に開口制限機能を持つ領域として作用するため、 NA が変化して、第一の光ディスクの記録面に良好なスポットが形成されない。

【0013】

なお、第一領域の回折効率 η_{in} は以下のように定義される。

$$\begin{aligned} \eta_{in} &= \text{sinc}^2(\pi \cdot \lambda_1 / \Lambda) \\ &= B_1 [n(\lambda_1) - 1] / \{ \lambda_1 [n(\lambda_1) - 1] \} \\ B_1 &: \text{第一領域のブレイズ波長 (単位: nm)} \end{aligned}$$

$n(\lambda_1)$: 波長 λ_1 での屈折率

$n(B_1)$: 波長 B_1 での屈折率

【0014】

また、 S_{out} は、第二領域の光軸と垂直な平面における投影面積(光軸方向に投影された当該平面上での第二領域の投影面積)であり、 S_d は、第二領域における光軸と垂直な平面での段差部分の光量損失の影響を受ける投影面積(S_{out} のうち、段差のダレによる光量損失の影響を受ける部分の投影面積)である。

【0015】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第二領域における段差ダレを含めた光利用効率を η_{out} と定義した場合に、条件(1)に代えて次の条件(2)

$$0.80 < \eta_{out} / \eta_{in} < 1.45 \quad \dots \quad (2)$$

を満たす構成としてもよい。説明を加えると、 η_{out} は、回折効率とダレによる損失を考慮した数値であって、第二領域において段差構造を持たない形状とした場合の透過率に対

10

20

30

40

50

する、第二領域において段差構造を持つ場合の透過率の割合である。

【0016】

条件(2)を満たす、つまり、第一領域でのブレイズ波長を第二領域の光利用効率に応じて適切にコントロールすることにより、第一領域と第二領域の透過光量のバランスが取れて、第一の光ディスクの記録面に良好なスポットが形成される。条件(2)の上限を上回る場合、第二領域の透過光量が第一領域の透過光量と比べて過剰である。よって、超解像の影響が避けられず、第一の光ディスクの記録面上でスポットが絞られすぎる。条件(2)の下限を下回る場合は、第二領域の透過光量が非常に少なくなる。すなわち、第二領域が第一の波長 1 の光束に対して実質的に開口制限機能を持つ領域として作用するため、NAが変化して、第一の光ディスクの記録面に良好なスポットが形成されない。

10

【0017】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第一領域におけるブレイズ波長 B_1 が(単位: nm) 次の条件(3)
 $450 < B_1 < 530 \dots (3)$
 を満たす構成としてもよい。

【0018】

条件(3)を満たすことにより、第一領域と第二領域の透過光量のバランスがより一層好適で、例えば超解像によるスポット形状への影響が更に軽減される。条件(3)の下限を下回る場合、第一領域における第二の波長 2 の光束の回折効率が低下して、第二の光ディスクに対する情報の記録又は再生が良好に行われない。条件(3)の上限を上回る場合は、第一領域の透過光量が少なくなりすぎて、超解像によるスポット形状の劣化が懸念される。この種の劣化を抑制するために第二領域の透過光量を減らすと、光量不足が原因で第一の光ディスクに対する情報の記録又は再生が良好に行われないという別の弊害が生じる。

20

【0019】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第二領域におけるブレイズ波長を B_2 (単位: nm) と定義した場合に、次の条件(4)
 $390 < B_2 < 420 \dots (4)$
 を満たす構成としてもよい。

【0020】

条件(4)を満たすことにより、第二領域における第一の波長 1 の光束の回折効率がほぼ100%になる。条件(4)を外れると、第二領域における第一の波長 1 の光束の回折効率が低下するため、望ましくない。

30

【0021】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第一の波長 1 の光束に対する開口数を NA_1' と定義し、第二の波長 2 の光束に対する開口数を NA_2' と定義した場合に、次の条件(5)、(6)

$$0.78 < NA_1' < 0.90 \dots (5)$$

$$0.58 < NA_2' < 0.68 \dots (6)$$

を満たす構成としてもよい。

40

【0022】

本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、第一領域と第二領域の透過光量をより一層バランス良くして、例えば超解像によるスポット形状への影響をより一層軽減するため、次の条件(7)

$$0.85 < ((S_{out} - S_d) / S_{out})^2 / \sin \theta < 1.15 \dots (7)$$

を満たす構成であることが望ましい。

【0023】

また、本発明に係る光情報記録再生装置用対物レンズは、条件(7)に代えて次の条件(8)

$$0.85 < \sin \theta / \sin \theta_{in} < 1.15 \dots (8)$$

50

を満たす構成としてもよい。

【0024】

第一領域と第二領域に含まれる段差の総数は、例えば20以上である。そのうち、第二領域に含まれる段差の数は、例えば1以上である。

【0025】

第二領域において第一の波長 λ_1 の光束の回折効率が最大となる回折次数は、例えば1次である。第二領域において第一の波長 λ_1 の光束の回折効率が最大となる次数は、回折効率が λ_1 に最適化されているため、2次、3次、5次等の高次の次数であってもよい。

【0026】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る光情報記録再生装置は、記録密度の異なる第一、第二の光ディスクの各々に対して、所定の光源から射出された第一、第二の波長を持つ略平行光束を使うことにより、各光ディスクに対する情報の記録又は再生を行う装置であり、上記の何れかに記載の光情報記録再生装置用対物レンズと、第一又は第二の光ディスクの記録面からの戻り光を検出して所定の信号処理を行う信号処理手段とを有する。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、BDやDVD等の規格の異なる複数種類の光ディスクに対する情報の記録又は再生を行うのに好適に構成された光情報記録再生装置用対物レンズ、及び該対物レンズを搭載した光情報記録再生装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の実施形態の光情報記録再生装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】本発明の実施形態の対物レンズの構成を概略的に示す図である。

【図3】段差のダレを説明するための図である。

【図4】条件(1)の値に対するスポットサイズの変化を説明するためのグラフである。

【図5】本発明の実施例1において各規格の光ディスクを使用した時の球面収差を示す図である。

【図6】本発明の実施例2において各規格の光ディスクを使用した時の球面収差を示す図である。

【図7】本発明の実施例3において各規格の光ディスクを使用した時の球面収差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明の実施形態の光情報記録再生装置について説明する。本実施形態の光情報記録再生装置は、保護層厚や記録密度等の仕様が異なる二種類の光ディスクに対して互換性を有している。なお、本明細書において、光情報記録再生装置と記した場合には、「情報の記録専用装置」、「情報の再生専用装置」、「情報の記録及び再生兼用装置」の全てを含む。

【0030】

以下においては、説明の便宜上、上記二種類の光ディスクのうち、例えばBD等の高記録密度の光ディスクを光ディスクD1と記し、BDよりも記録密度の低いDVDやDVD-R等の光ディスクを光ディスクD2と記す。

【0031】

光ディスクD1、D2の保護層厚(保護層表面から記録対象又は再生対象の記録面までの光学的距離)をそれぞれ t_1 (単位:mm)、 t_2 (単位:mm)と定義すると、次の関係が成立する。

$$t_1 < t_2$$

各保護層厚の具体的寸法は、製品個体差を考慮すると、次に示す範囲内の数値である。

$$0.05 < t_1 < 0.15$$

$$0.50 < t_2 < 0.70$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

光ディスク D 1、D 2 の各々に対して情報の記録又は再生を行う場合、記録密度の違いに対応したビームスポットが得られるように、必要とされる開口数 (N A) の値を変化させる必要がある。ここで、光ディスク D 1、D 2 の各々に対する情報の記録時又は再生時に必要とされる最適な設計開口数を、それぞれ N A 1、N A 2 と定義すると、次の関係が成立する。

$$N A 1 > N A 2$$

すなわち、記録密度の高い光ディスク D 1 使用時には、光ディスク D 2 使用時よりも小径なスポットの形成が要求されるため、N A が高くなる。N A 1 は、例えば 0 . 8 5 であり、N A 2 は、例えば 0 . 6 0 である。

10

【 0 0 3 3 】

上記のように記録密度の異なる光ディスク D 1、D 2 を使用する場合、各記録密度に対応したビームスポットが得られるように、光情報記録再生装置内において、それぞれ異なる波長のレーザー光が使用される。具体的には、光ディスク D 1 使用時には、小径のビームスポットを光ディスク D 1 の記録面上に形成するため、波長 λ_1 (単位 : n m) のレーザー光を光源から射出する。光ディスク D 2 使用時には、光ディスク D 1 使用時よりも径の大きいビームスポットを光ディスク D 2 の記録面上に形成するため、波長 λ_1 より長い波長 λ_2 (単位 : n m) のレーザー光を光源から射出する。すなわち、各波長には、次の関係が成立する。

$$\lambda_1 < \lambda_2$$

20

各波長は、使用環境及び製品個体差を考慮すると、次に示される範囲で変動する。

$$380 < \lambda_1 < 420$$

$$640 < \lambda_2 < 700$$

【 0 0 3 4 】

図 1 は、本実施形態の光情報記録再生装置 1 0 0 の構成を概略的に示す図である。光情報記録再生装置 1 0 0 は、対物レンズ 1 0、B D 用モジュール 2 1、D V D 用モジュール 2 2、ビームコンバイナ 2 3、コリメートレンズ 2 4 を有している。図 1 に示される一点鎖線は、光情報記録再生装置 1 0 0 の基準軸 A X である。対物レンズ 1 0 の光軸は、通常、基準軸 A X と一致する。但し、対物レンズ 1 0 は、図示省略された周知のトラッキング機構による光ディスクに対する半径方向の移動によって、光軸が基準軸 A X から外れる状態も起こり得る。

30

【 0 0 3 5 】

また、図 1 中、実線で示されるレーザー光束 L 1 は、光ディスク D 1 への入射光又はその戻り光である。点線で示されるレーザー光束 L 2 は、光ディスク D 2 の入射光又はその戻り光である。対物レンズ 1 0 は、図示省略された周知のフォーカシング機構によって光軸方向に移動自在である。対物レンズ 1 0 は、光ディスク D 1 使用時には図 1 中実線で示される位置に移動して、光ディスク D 2 使用時には図 1 中点線で示される位置に移動する。

【 0 0 3 6 】

B D 用モジュール 2 1、D V D 用モジュール 2 2 は、半導体レーザーと受光センサとを一体化した素子である。B D 用モジュール 2 1 は、波長 λ_1 のレーザー光束 L 1 を射出する半導体レーザーを、D V D 用モジュール 2 2 は、波長 λ_2 のレーザー光束 L 2 を射出する半導体レーザーを、それぞれ備える。

40

【 0 0 3 7 】

光ディスク D 1 の使用時には、B D 用モジュール 2 1 を動作させる。B D 用モジュール 2 1 の半導体レーザーが射出したレーザー光束 L 1 は、ビームコンバイナ 2 3 を介してコリメートレンズ 2 4 に入射する。コリメートレンズ 2 4 は、入射したレーザー光束 L 1 を平行光束に変換して、対物レンズ 1 0 に向けて射出する。対物レンズ 1 0 は、入射した平行光束 L 1 を光ディスク D 1 の記録面近傍に収束させる。収束したレーザー光束 L 1 は、光ディスク D 1 の記録面上にスポットを形成する。光ディスク D 1 の記録面で反射したレ

50

レーザー光束 L 1 は、入射時と同一の光路を戻り、BD用モジュール 2 1 に設けられた受光センサによって受光される。

【0038】

光ディスク D 2 の使用時には、DVD用モジュール 2 2 を動作させる。DVD用モジュール 2 2 の半導体レーザーが射出したレーザー光束 L 2 は、ビームコンバイナ 2 3 によって光路が折り曲げられて、コリメートレンズ 2 4 に入射する。コリメートレンズ 2 4 は、レーザー光束 L 1 と同様に、入射したレーザー光束 L 2 を平行光束に変換して、対物レンズ 1 0 に向けて射出する。対物レンズ 1 0 は、入射した平行光束 L 2 を光ディスク D 2 の記録面近傍に収束させる。収束したレーザー光束 L 2 は、光ディスク D 2 の記録面上にスポットを形成する。光ディスク D 2 の記録面で反射したレーザー光束 L 2 は、入射時と同一の光路を戻り、DVD用モジュール 2 2 に設けられた受光センサによって受光される。

10

【0039】

各モジュールに設けられた受光センサは、受光した戻り光を検出して、周知の構成を持つ信号処理回路 3 0 へ出力する。信号処理回路 3 0 は、受光センサの出力を基に、フォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、光ディスクに記録された情報の再生信号等を検出する。なお、対物レンズ 1 0 には、何れの光ディスクを使用する際にも平行光束が入射する。そのため、対物レンズ 1 0 がトラッキング動作によって光軸と直交する方向に微小量移動（いわゆるトラッキングシフト）した場合であっても、コマ収差等の軸外収差が発生しない。

【0040】

20

ところで、光ディスク D 1 使用時と光ディスク D 2 使用時とは、保護層厚の相違に起因して、発生する球面収差量が変化する。例えば、光情報記録再生装置 1 0 0 を光ディスク D 1 に最適に設計した場合、光ディスク D 2 使用時に保護層厚の差に起因して球面収差が補正過剰になり、光ディスク D 2 の利用に適さない。光情報記録再生装置 1 0 0 を光ディスク D 2 に最適に設計した場合は、光ディスク D 1 使用時に保護層厚の差に起因して球面収差が補正不足になり、光ディスク D 1 の利用に適さない。光ディスク D 1 と D 2 に対して互換性を持たせる、つまり両規格の光ディスクに対する情報の記録又は再生を保証するためには、何れの光ディスク使用時であっても球面収差を良好に補正することが求められる。また、記録密度（ピットサイズ）に対応したサイズのビームスポットを各光ディスクの記録面に形成して、再生信号等の S / N 比を向上させることも求められる。本実施形態においては、これらの要求に応えるべく、対物レンズ 1 0 を次のように構成している。

30

【0041】

図 2 (a) は、対物レンズ 1 0 の正面図を、図 2 (b) は、対物レンズ 1 0 の側断面図を、それぞれ示す。対物レンズ 1 0 は、前述の通り、規格の異なる複数種類の光ディスク（光ディスク D 1 、 D 2 ）に対して互換性を有する光情報記録再生装置 1 0 0 の光ヘッドに適用され、光源である半導体レーザーから射出されたレーザー光束を各光ディスクの記録面に収束させる機能を有している。

【0042】

対物レンズ 1 0 は、コリメートレンズ 2 4 に対向する第一面 1 0 a と、光ディスクに対向する第二面 1 0 b とを有する両凸の樹脂製単レンズである。第一面 1 0 a 、第二面 1 0 b は共に非球面である。非球面の形状は、光軸からの高さが h (単位 : mm) となる非球面上の座標点の該非球面の光軸上での接平面からの距離 (サグ量) を SAG と定義し、非球面の光軸上での曲率を $1 / r$ (但し、 r (単位 : mm) は曲率半径) と定義し、円錐係数を K と定義し、4 次以上の偶数次の非球面係数を A_4 、 A_6 、 \dots と定義した場合に、次の式で表される。対物レンズ 1 0 の各レンズ面を非球面にすることにより、球面収差やコマ収差等の諸収差を適切にコントロールすることが可能になる。

40

【数 1】

$$SAG = \frac{\frac{h^2}{r}}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) \left(\frac{h}{r}\right)^2}} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + \dots$$

【0043】

図2(a)に示されるように、対物レンズ10の第一面10aは、光軸を中心とする円形の第一領域RCと、第一領域RCの外側に配置された円環状の第二領域REを有する。第一領域RCと第二領域REを含む全域に、輪帯構造が設けられている。この輪帯構造は、図2(a)又は図2(b)の拡大図に示されるように、同心状に分割された複数の屈折面と各屈折面の境界において光軸に沿って延びる複数の微小な段差からなる。第一領域RCと第二領域REを含む全域に設けられた段差の合計数は、例えば20以上である。そのうち、第二領域REには、1つ以上の段差が設けられている。輪帯構造は、第二面10bにだけ設けられてもよく、又は第一面10aと第二面10bの両面に設けられてもよい。なお、図2(b)の拡大図中の段差は、後述するダレのない理想的な段差形状を示している。

10

【0044】

輪帯構造を第二面10bでなく第一面10aに設けた場合、例えば輪帯構造の最小輪帯幅をより広く設計することができ、有効光束幅に対する輪帯の段差部分による光量損失を抑えることができるメリットがある。また、回転する光ディスクと向き合わず第二面10bに対するゴミ等の付着の心配が増えない、対物レンズ10がレンズクリーナーを用いて擦られた場合に輪帯構造が摩耗する虞がない、などのメリットがある。

20

【0045】

輪帯構造の段差は、各屈折面の境界の内側を透過する光束と外側を透過する光束との間で所定の光路長差が生じるように設計される。この構造を一般に回折構造と称することができる。所定の光路長差が特定の波長のn倍(nは整数)となるように設計された輪帯構造は、ブレイズ波長のn次回折構造と称することができる。ここで、回折構造に特定の波長の光束を透過させた際に最も回折効率が高くなる回折光の回折次数は、波長の光束に対して与えられる光路長差を波長で割ったときの値に最も近い整数mとして求まる。

30

【0046】

他にも、各屈折面の境界の内側を透過する光束と外側を透過する光束との間に光路長差が生じるということは、互いの位相が、輪帯構造の段差の作用によってずれると捉えることもできる。したがって輪帯構造は、入射光束の位相をシフトする構造、つまり、位相シフト構造と称することもできる。

【0047】

輪帯構造は、光路差関数(h)によって表すことができる。光路差関数(h)は、対物レンズ10の回折レンズとしての機能を光軸からの高さhにおける光路長付加量の形で表現した関数であり、輪帯構造における各段差の設置位置を規定する。光路差関数(h)は、二次、四次、六次、・・・の光路差関数係数をそれぞれP₂、P₄、P₆、・・・と定義し、使用される(入射する)レーザー光の設計波長をλと定義し、入射光束の回折効率が最大となる回折次数をmと定義した場合に、次の式により表される。

40

$$(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + P_8 h^8 + P_{10} h^{10} + P_{12} h^{12}) m$$

【0048】

第一領域RCに設けられた輪帯構造は、レーザー光束L1、L2の何れの収束にも寄与する、具体的には、レーザー光束L1を光ディスクD1の記録面上に収束させると共に、レーザー光束L2を光ディスクD2の記録面上に収束させるように構成されている。第一領域RCに設けられた輪帯構造は、回折構造として捉えた場合、レーザー光束L1、L2

50

で回折効率が最大となる回折次数が共に 1 次であるように設計されている。

【 0 0 4 9 】

レーザー光束 L 1、L 2 に対して 1 次回折光を使用するように第一領域 R C を設計することにより、レーザー光束 L 1 使用時における回折効率と、レーザー光束 L 2 使用時における回折効率とのバランスをとることができ、一方の回折効率が低くなりすぎるといった問題が有効に避けられる。また、必要な光路長付加量が少ないため、段差が低く、金型加工や成形が容易である。

【 0 0 5 0 】

第二領域 R E に設けられた輪帯構造は、レーザー光束 L 1 の収束にのみ寄与する、具体的には、レーザー光束 L 1 を光ディスク D 1 の記録面上に収束させると共に、レーザー光束 L 2 を何れの光ディスクの記録面にも収束させないように構成されている。すなわち、第二領域 R E は、レーザー光束 L 2 に対する開口制限機能を持つ領域として定義される。第二領域 R E に設けられた輪帯構造は、光ディスク D 1 専用に設計されており、レーザー光束 L 1 使用時における回折効率がほぼ 1 0 0 % になるように設計されている。

【 0 0 5 1 】

第二領域 R E は、光ディスク D 1 専用に設計された領域であるため、レーザー光束 L 1 使用時における回折効率が第一領域 R C よりも高い。そのため、レーザー光束 L 1 に関して、瞳中心と瞳周辺とで透過光量が不均一になり得る。これにより、超解像の影響を受けて、光ディスク D 1 の記録面上でスポットが絞られすぎるといった問題が懸念される。そこで、本実施形態においては、第二領域 R E の段差に生じるダレによる光量損失を加味した透過率と、第一領域 R C の回折効率とのバランスを考慮することにより、超解像によるスポット形状への影響を軽減する。

【 0 0 5 2 】

図 3 は、段差のダレを説明するための図である。図 3 中、斜線部分の形状がダレの生じた段差形状を、破線で示す形状がダレのない理想的な段差形状を、それぞれ示す。図 3 の模式図では、各段差には、段差高さ D とほぼ同じ幅 h ($= h_2 - \text{段差位置 } h_1$) のダレが生じている。

【 0 0 5 3 】

射出成形において、樹脂は、金型の段差形状が微細構造であるため、段差形状の奥深くにまで充填しきれないことがある。図 3 に例示される段差のダレは、主として、樹脂の充填不足によって角が丸みを帯びた状態で転写されたために生じた形状誤差である。段差のダレは、光量を損失させる原因であり、望ましくない。

【 0 0 5 4 】

各段差のダレによる光量損失は、段差に対するダレの大きさに応じて変化する。定性的には、段差に対するダレの大きさが大きいほど光量損失の割合が多くなる。また、ダレの大きさは、光軸方向の段差の設計寸法が大きいほど大きくなる。光量損失への影響は光軸と垂直な平面での投影面積に依存するため、投影面積が小さい第一領域 R C に形成される段差のダレよりも、面積の大きい第二領域 R E の段差のダレの影響が大きい。さらに説明を加えると、透過光量は第二領域 R E の投影面積のうちダレの影響を受けない投影面積の割合の 2 乗に比例する。

【 0 0 5 5 】

対物レンズ 1 0 は、第二領域 R E におけるレーザー光束 L 1 の透過光量（以下、「周辺側透過光量」と記す。）と、第一領域 R C におけるレーザー光束 L 1 の透過光量（以下、「中央側透過光量」と記す。）とのバランスを取り、超解像によるスポット形状への影響を軽減するように構成されている。具体的には、対物レンズ 1 0 は、輪帯構造を持つ第一面 1 0 a の有効光束径において第一領域 R C における回折効率を η_{in} と定義し、第二領域 R E の光軸と垂直な平面での投影面積を S_{out} と定義し、前記第二領域において段差位置から光軸方向の段差高さと同等の幅のダレがあるとした時の光軸と垂直な平面での投影面積を S_d と定義した場合に、次の条件 (1)、

$$0.80 < ((S_{out} - S_d) / S_{out})^2 / \eta_{in} < 1.45 \quad \dots \quad (1)$$

10

20

30

40

50

を満たすように構成されている。補足すると、 S_{out} は、光軸方向に投影された、光軸と垂直な平面上での第二領域REの投影面積であって、例えば図2(a)中紙面に現れている第二領域REの面積である。 S_d は、 S_{out} のうち、段差のダレによる光量損失の影響を受ける部分の投影面積であって、例えば図3中幅 h のダレ部分が占める面積である。ダレ部分が占める面積は、

$$\times \{ (h_2)^2 - (h_1)^2 \} \quad \times \{ (h_1 + D)^2 - (h_1)^2 \}$$

で表される。

【0056】

条件(1)は、第一領域RCと第二領域REの透過光量の比率を規定する。条件(1)を満たす場合、第二領域REにおける透過光量と第一領域RCにおける回折効率がほぼ同 10
等となることが分かる。すなわち、条件(1)を満たすと、周辺側透過光量と中央側透過光量とのバランスが取れて、超解像によるスポット形状への影響が軽減される。

【0057】

条件(1)の上限を上回る場合、第二領域REでの透過光量が第一領域RCの回折効率よりも大きい、つまり周辺側透過光量が中央側透過光量と比べて過剰である。よって、超解像の影響が避けられず、光ディスクD1の記録面上でスポットが絞られすぎる。条件(1)の下限を下回る場合は、第二領域REの光量損失が多いため、周辺側透過光量が非常に小さくなる。すなわち、第二領域REがレーザー光束L1に対しても実質的に開口制限機能を持つ領域として作用するため、NAが変化して、光ディスクD1の記録面に 20
良好なスポットが形成されない。

【0058】

本実施形態の対物レンズ10は、第二領域REに段差を設けることによって、温度変化時に発生する球面収差が良好に補正される。これは、対物レンズ周辺部の入射光量を単に減らすという特許文献3に記載の構成と比べて有利である。

【0059】

本実施形態においては、超解像によるスポット形状への影響を対物レンズ10単体で軽減できるため、光情報記録再生装置100の小型化に有利である。

【0060】

図4は、条件(1)の値に対するスポットサイズの変化を説明するためのグラフである。図4(a), (b)の縦軸は、透過率(正規化のため単位無し)を、横軸は、瞳座標(30
単位: mm)を、それぞれ示す。図4(c)の縦軸は、光ディスクD1の記録面に形成されるスポットのサイズ(単位: μm)を、横軸は、条件(1)の値を、それぞれ示す。なお、スポットサイズは、周辺側透過光量と中央側透過光量とのバランスが取れているときのサイズほど理想的である。図4(c)中、条件(1)の値が1に近いスポットサイズほど理想的である。まず、条件(1)を満たす3例に着目して説明をする。

【0061】

実施例1は、有効光束径内の段差総量に対する第二領域RE内の段差総量の割合が多く、図4(a)に示されるように、第二領域RE内での透過率が低い。実施例2は、有効光束径内の段差総量に対する第二領域RE内の段差総量の割合が実施例1よりも少なく、図4(a)に示されるように、第二領域RE内での透過率が実施例1よりも高い。実施例3 40
は、有効光束径内の段差総量に対する第二領域RE内の段差総量の割合が実施例2よりも少なく、図4(b)に示されるように、第二領域RE内での透過率が実施例2よりも高い。実施例2は、実施例1と比べて、周辺側透過光量が中央側透過光量に対して多いから、超解像の影響を実施例1よりも受ける。また、実施例3は、実施例2と比べて、周辺側透過光量が中央側透過光量に対して多いから、超解像の影響を実施例2よりも受ける。そのため、図4(c)に示されるように、スポットが実施例3、実施例2、実施例1の順に小さい。図4の例によれば、スポットは、条件(1)の値が大きいほど絞られる。しかし、条件(1)を満たす限りは、過剰に絞られることがなく、理想的なサイズに近い。

【0062】

図4(c)に示される15例は、何れも条件(1)を満たしており、スポットサイズが 50

0.384 ~ 0.401 の範囲に収まっている。各実施例は、理想的なスポットサイズ（条件（1）の値が1であるときのスポットサイズであり、約0.395 μm）と比べても+1.5%程度 ~ -3.0%程度の範囲に収まる。そのため、光ディスクD1に対する情報の記録又は再生が依然として良好に行われることが分かる。なお、スポットサイズが理想サイズに対して大きい場合、理想サイズに対して小さい場合と比べてジッター等の悪影響が大きい。そのため、条件（1）は、許容する理想と現実のスポットサイズ差が、スポットサイズが大きい場合の方が厳しくなる（小さく）ように設定されている。

【0063】

条件（1）は、次の条件（2）

$$0.80 < \text{out} / \text{in} < 1.45 \quad \dots \quad (2)$$

に置き換えることもできる。outは、第二領域REにおける段差ダレを含めた光利用効率である。説明を加えると、outは、回折効率とダレによる損失を考慮した数値であって、第二領域REにおいて段差構造を持たない形状とした場合の透過率に対する、第二領域REにおいて段差構造を持つ場合の透過率の割合である。

【0064】

また、第一領域RCにおけるブレイズ波長 B1（単位：nm）を適切に設定することによってスポット形状の最適化だけでなく、それぞれの光ディスクにおける透過光量のバランスを取ることが可能である。下記の表1は、ブレイズ波長 B1と、第一領域RCにおけるレーザー光束L1の回折効率（表1中BD）及び第一領域RCにおけるレーザー光束L2の回折効率（表1中DVD）との関係を示す。表1に示されるように、ブレイズ波長 B1を波長 1に近付けるほどレーザー光束L1の回折効率が大きくなる。一方、ブレイズ波長 B1を波長 2に近付けるほどレーザー光束L2の回折効率が小さくなるため、中央側透過光量が減少する。

【0065】

【表1】

		ブレイズ波長λB1 [nm]								
		390	410	430	450	470	490	510	530	550
効率 [%]	BD	99.5%	99.9%	98.2%	94.7%	89.4%	82.8%	74.9%	66.3%	57.2%
	DVD	52.0%	57.6%	63.1%	68.5%	73.6%	78.4%	82.9%	87.0%	90.6%

【0066】

周辺側透過光量と中央側透過光量とのバランスを取り、超解像によるスポット形状への影響を軽減させるためには、中央側透過光量を増加させて周辺側透過光量に近付けることが望ましい。但し、中央側透過光量を増加させすぎると、第一領域RCにおけるレーザー光束L2の回折効率が低下するという問題が生じる。そこで、ブレイズ波長 B1は、次の条件（3）を満たす範囲で設定されている。

$$450 < B1 < 530 \quad \dots \quad (3)$$

【0067】

条件（3）を満たすことにより、レーザー光束L1、L2の何れの使用時においても65%以上の回折効率が確保される（表1参照）。条件（3）の下限を下回る場合、第一領域RCにおけるレーザー光束L2の回折効率が低すぎて、光ディスクD2に対する情報の記録又は再生が良好に行われず、条件（3）の上限を上回る場合は、第一領域RCにおけるレーザー光束L1の回折効率が低すぎて、光ディスクD1に対する情報の記録又は再生が良好に行われず。

【0068】

対物レンズ10は、第二領域REにおけるブレイズ波長を B2（単位：nm）と定義した場合に、次の条件（4）

$$390 < B2 < 420 \quad \dots \quad (4)$$

を満たすように構成される。

【0069】

10

20

30

40

50

条件(4)を満たすことにより、光ディスクD1専用領域である第二領域REでレーザー光束L1の回折効率がほぼ100%になる。条件(4)を外れると、レーザー光束L1の回折効率の低下が顕著である。この場合、周辺側透過光量と中央側透過光量とのバランスを保つためには、周辺側透過光量の低下に合わせて中央側透過光量も低下させる必要がある。しかし、中央側透過光量も低下させると、光ディスクD1に対する情報の記録又は再生に必要な光量が不足するため、望ましくない。

【0070】

対物レンズ10は、レーザー光束L1に対する開口数をNA1'と定義し、レーザー光束L2に対する開口数をNA2'と定義した場合に、次の条件(5)、(6)、

$$0.78 < NA1' < 0.90 \dots (5)$$

$$0.58 < NA2' < 0.68 \dots (6)$$

を満たすように構成される。すなわち、対物レンズ10のNA1'、NA2'は、光ディスクD1、D2に対する情報の記録又は再生に好適な値である。

【0071】

対物レンズ10は、超解像によるスポット形状への影響をより一層軽減するためには、次の条件(7)

$$0.85 < ((S_{out} - S_d) / S_{out})^2 / \sin < 1.15 \dots (7)$$

を満たす構成であることが望ましい。この条件(7)は、次の条件(8)

$$0.85 < \sin / \sin < 1.15 \dots (8)$$

に置き換えることもできる。

【0072】

次に、これまで説明した対物レンズ10を搭載する光情報記録再生装置100の具体的実施例を、15例説明する。各具体的実施例1~15の光情報記録再生装置100は、図1に示される概略構成を有する。実施例1~15の対物レンズ10は、図2に示される概略構成を有し、第一面10aの各段差には図3に示すダレが生じているものとする。実施例1~15は、図4(c)に示した15例に対応する。なお、実施例1~15の各数値データから再現される対物レンズ10の形状の違いは、本件願書に添付可能な図面の縮尺では現れない微差に過ぎない。よって、実施例1~15の対物レンズ10の構成図は、図2を参照し、本件願書への添付を省略する。

【実施例1】

【0073】

実施例1の光情報記録再生装置100に搭載される対物レンズ10の仕様、具体的には、使用波長、焦点距離、NA、倍率は、表2に示される。なお、実施例1の各表についての説明は、実施例1以外の他の実施例で提示される各表においても適用される。

【0074】

【表2】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.77	1.86	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

【0075】

表2中、倍率の値が示すように、光情報記録再生装置100では、何れの光ディスク使用時であっても、レーザー光束は、平行光束として対物レンズ10に入射する。これにより、トラッキングした際における軸外収差の発生が有効に避けられる。光情報記録再生装置100の各光ディスクD1、D2使用時における具体的数値構成は、表3に示される。

【0076】

【表 3】

BD 使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(660nm)	n(660nm)	
1-1	1.114	2.10	1.55903	2.10	1.53927	対物レンズ 10
1-2	1.105					
2	-2.226	0.58		0.36		
3	∞	0.0875	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスク D1
4	∞	—		—		

【0077】

表 3 中、面番号 1 - 1 は、対物レンズ 10 の第一面 10 a の第一領域 RC を、面番号 1 - 2 は、第一面 10 a の第二領域 RE を、面番号 2 は、対物レンズ 10 の第二面 10 b を、面番号 3 は、対象となる光ディスクの保護層表面を、面番号 4 は、対象となる光ディスクの記録面を、それぞれ示す。「r」は、光学部材の各面の曲率半径（単位：mm）を、「d(406nm)」は、波長 1 に対する光学部材厚又は光学部材間隔（単位：mm）を、「n(406nm)」は、波長 1 に対する光学部材の屈折率を、「d(660nm)」は、波長 2 に対する光学部材厚又は光学部材間隔（単位：mm）を、「n(660nm)」は、波長 2 に対する光学部材の屈折率を、それぞれ示す。なお、非球面素子における r は、光軸上での曲率半径を示す。

【0078】

第一領域 RC（面番号 1 - 1）、第二領域 RE（面番号 1 - 2）、第二面 10 b（面番号 2）は、非球面である。各非球面形状は、光ディスク D1 及び D2 の記録又は再生に最適に設計されている。各非球面形状を規定する円錐係数、非球面係数 A_4 、 A_6 、 \dots は、表 4 に示される。各表における表記 E は、10 を基数、E の右の数字を指数とする累乗を表している。

【0079】

10

20

【表 4】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-1.40000E+00	-1.40000E+00	-5.13000E+01
4次	7.54500E-02	7.67700E-02	1.48800E-01
6次	4.47700E-04	-5.24800E-03	-1.41700E-01
8次	5.96400E-03	8.34900E-03	4.64200E-02
10次	-4.35700E-03	-8.01170E-03	1.31750E-03
12次	2.86500E-03	5.17360E-03	-4.79830E-03
14次	-6.77200E-04	-6.15100E-04	-1.17830E-03
16次	0.00000E+00	-7.12000E-04	1.04770E-03
18次	0.00000E+00	1.05300E-04	4.40900E-04
20次	0.00000E+00	1.47140E-04	-4.49800E-04
22次	0.00000E+00	-4.71750E-05	1.00000E-04
24次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

20

【0080】

第一領域 R C (面番号 1 - 1)、第二領域 R E (面番号 1 - 2) には、輪帯構造が設けられている。この光路差関数 (h) を規定する各係数は、表 5 に示される。

【0081】

【表 5】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2次	3.29600E+01	3.80000E+01
4次	-8.80000E+00	-9.00000E+00
6次	1.03000E+00	-5.50000E+00
8次	-9.39000E-01	-5.00000E-01
10次	-2.88200E-01	0.00000E+00
12次	0.00000E+00	0.00000E+00

30

40

【0082】

表 5 中、回折次数「1 / 1」は、第一領域 R C で回折効率が最大となるレーザー光束 L 1、L 2 の回折次数が共に 1 次であることを示す。回折次数「1」は、第二領域 R E で回折効率が最大となるレーザー光束 L 1 の回折次数が 1 次であることを示す。

【0083】

第一領域 R C、第二領域 R E の各領域に形成される輪帯構造の具体的構成は、表 6 に示

50

される。表 6 中、輪帯構造を構成する各輪帯の番号は、光軸側から順に振られている。番号 1 ~ 26 の段差位置に対応する段差は、第一領域 R C に形成された段差であり、番号 27 ~ 83 の段差位置に対応する段差は、第二領域 R E に形成された段差である。

【 0 0 8 4 】

【 表 6 】

段差位置

	瞳座標 [mm]		瞳座標 [mm]
1	0.123	43	1.325
2	0.215	44	1.331
3	0.278	45	1.338
4	0.331	46	1.344
5	0.377	47	1.350
6	0.418	48	1.356
7	0.457	49	1.362
8	0.493	50	1.368
9	0.527	51	1.373
10	0.560	52	1.378
11	0.592	53	1.383
12	0.623	54	1.388
13	0.653	55	1.393
14	0.683	56	1.398
15	0.712	57	1.403
16	0.741	58	1.407
17	0.769	59	1.412
18	0.798	60	1.416
19	0.827	61	1.421
20	0.856	62	1.425
21	0.886	63	1.429
22	0.917	64	1.433
23	0.949	65	1.437
24	0.983	66	1.441
25	1.021	67	1.445
26	1.067	68	1.449
領域切替位置	1.117	69	1.453
27	1.145	70	1.456
28	1.166	71	1.460
29	1.184	72	1.464
30	1.200	73	1.467
31	1.214	74	1.471
32	1.227	75	1.474
33	1.238	76	1.477
34	1.249	77	1.481
35	1.260	78	1.484
36	1.269	79	1.487
37	1.278	80	1.491
38	1.287	81	1.494
39	1.295	82	1.497
40	1.303	83	1.500
41	1.311	有効半径	1.500
42	1.318		

10

20

30

40

50

【実施例 2】

【0085】

実施例 2 の光情報記録再生装置 100 に搭載される対物レンズ 10 の仕様は表 7 に、光情報記録再生装置 100 の各光ディスク D1、D2 使用時における具体的数値構成は表 8 に、非球面形状を規定する各係数は表 9 に、光路差関数 (h) を規定する各係数は表 10 に、各領域の輪帯構造の具体的構成は表 11 に、それぞれ示される。表 11 中、番号 1 ~ 15 の段差位置に対応する段差は、第一領域 RC に形成された段差であり、番号 16 ~ 32 の段差位置に対応する段差は、第二領域 RE に形成された段差である。

【0086】

【表 7】

仕様

	レーザー光束 L1	レーザー光束 L2	
波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.77	1.85	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

10

【0087】

【表 8】

BD 使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(660nm)	n(660nm)	
1-1	1.133	2.10	1.55903	2.10	1.53927	対物レンズ 10
1-2	1.129					
2	-2.196	0.59		0.35		
3	∞	0.0875	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスク D1
4	∞	—		—		

20

【0088】

30

【表 9】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-1.40000E+00	-1.40000E+00	-4.41000E+01
4 次	7.14100E-02	7.47000E-02	1.42500E-01
6 次	4.79200E-04	-2.21300E-03	-1.34840E-01
8 次	3.06500E-03	8.50260E-03	4.49160E-02
10 次	-1.38200E-03	-7.96400E-03	2.43900E-03
12 次	1.27200E-03	5.22500E-03	-5.29150E-03
14 次	-3.86500E-04	-6.13570E-04	-1.14300E-03
16 次	0.00000E+00	-7.11220E-04	1.06040E-03
18 次	0.00000E+00	1.06600E-04	4.41580E-04
20 次	0.00000E+00	1.47410E-04	-4.57070E-04
22 次	0.00000E+00	-4.72490E-05	1.00000E-04
24 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

10

20

【0089】

【表 10】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2 次	2.48450E+01	2.70000E+01
4 次	-8.34500E+00	-5.00000E+00
6 次	-8.12000E-01	-2.00000E+00
8 次	-1.64000E-01	-3.00000E-01
10 次	-4.27700E-01	0.00000E+00
12 次	0.00000E+00	0.00000E+00

30

40

【0090】

【表 1 1】

段差位置

	瞳座標 [mm]
1	0.142
2	0.248
3	0.323
4	0.385
5	0.440
6	0.491
7	0.539
8	0.586
9	0.631
10	0.675
11	0.720
12	0.766
13	0.815
14	0.869
15	0.936
領域切替位置	1.111
16	1.253
17	1.292
19	1.321
20	1.343
21	1.363
22	1.380
23	1.396
24	1.410
25	1.423
26	1.435
27	1.447
28	1.458
29	1.468
30	1.477
31	1.487
32	1.495
有効半径	1.500

10

20

30

40

【実施例 3】

【0091】

実施例 3 の光情報記録再生装置 100 に搭載される対物レンズ 10 の仕様は表 1 2 に、光情報記録再生装置 100 の各光ディスク D 1、D 2 使用時における具体的数値構成は表 1 3 に、非球面形状を規定する各係数は表 1 4 に、光路差関数 (h) を規定する各係数は表 1 5 に、各領域の輪帯構造の具体的構成は表 1 6 に、それぞれ示される。表 1 6 中、番号 1 ~ 1 4 の段差位置に対応する段差は、第一領域 RC に形成された段差であり、番号

50

15 ~ 19 の段差位置に対応する段差は、第二領域 R E に形成された段差である。

【 0 0 9 2 】

【 表 1 2 】

仕様

波長	406	662	(nm)
焦点距離	1.41	1.49	(mm)
NA	0.85	0.60	
倍率	0.000	0.000	

10

【 0 0 9 3 】

【 表 1 3 】

BD 使用時

面番号	r	d(406nm)	n(406nm)	d(660nm)	n(660nm)	
1-1	0.896	1.60	1.55903	1.60	1.53927	対物レンズ 10
1-2	0.902					
2	-1.933	0.50		0.25		
3	∞	0.0875	1.62096	0.6000	1.57838	光ディスク D1
4	∞	—		—		

20

【 0 0 9 4 】

【 表 1 4 】

非球面係数

	面番号		
	1-1	1-2	2
κ	-8.50000E-01	-8.50000E-01	-4.10000E+01
4 次	4.55200E-02	5.04200E-02	2.36600E-01
6 次	1.02000E-02	1.95700E-02	-2.75700E-01
8 次	1.96000E-02	7.27300E-04	7.17700E-02
10 次	-2.39100E-02	4.54600E-03	4.68300E-02
12 次	2.50100E-02	1.64600E-02	-1.09400E-02
14 次	-1.01400E-02	-1.35400E-02	-2.14000E-02
16 次	0.00000E+00	-4.05600E-03	-6.09800E-03
18 次	0.00000E+00	5.38000E-03	1.55900E-02
20 次	0.00000E+00	3.82700E-03	-5.48100E-03
22 次	0.00000E+00	-3.38300E-03	7.00000E-04
24 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
26 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
28 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
30 次	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

30

40

【 0 0 9 5 】

【表 1 5】

光路差関数

	面番号	
	1-1	1-2
回折次数	1/1	1
2 次	3.51200E+01	3.00000E+01
4 次	-1.80000E+01	-1.00000E+01
6 次	-6.28000E+00	-3.00000E+00
8 次	-1.00000E-01	-7.00000E-01
10 次	-3.84400E+00	0.00000E+00
12 次	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 0 9 6 】

【表 16】

段差位置

	瞳座標 [mm]
1	0.120
2	0.209
3	0.272
4	0.325
5	0.372
6	0.416
7	0.457
8	0.498
9	0.538
10	0.579
11	0.622
12	0.670
13	0.732
14	0.874
領域切替位置	0.891
15	1.072
16	1.112
17	1.140
18	1.163
19	1.183
有効半径	1.200

10

20

30

40

【0097】

以上説明した実施例 1 ~ 3 に実施例 4 ~ 15、比較例 1、2 を加えた 17 例の光情報記録再生装置 100 を用いて各光ディスク D1、D2 に対する情報の記録又は再生を行った際の光学性能を検証する。実施例 4 ~ 7 の対物レンズ 10 は、実施例 1 の対物レンズ 10 と段差位置が同一で、第一領域 RC のブレイズ波長のみ異なるため、段差高さ D が異なる。実施例 8 ~ 11 の対物レンズ 10 は、実施例 2 の対物レンズ 10 と段差位置が同一で、第一領域 RC のブレイズ波長のみ異なるため、段差高さ D が異なる。実施例 12 ~ 15 の対物レンズ 10 は、実施例 3 の対物レンズ 10 と段差位置が同一で、第一領域 RC のブレ

50

ーズ波長のみ異なるため、段差高さDが異なる。比較例1、2の対物レンズはそれぞれ、輪帯構造を規定するブレイズ波長 B1が実施例1、2の対物レンズ10と異なる。

【0098】

表17は、実施例1~15、比較例1、2に関する各条件(1)~(8)の値、及び光ディスクD1の記録面上に形成されるスポットのサイズを示す表である。図5(a)、(b)はそれぞれ、実施例1(又は実施例4~7の何れか)において光ディスクD1、D2を使用した時の球面収差を示す図である。図6(a)、(b)はそれぞれ、実施例2(又は実施例8~11の何れか)において光ディスクD1、D2を使用した時の球面収差を示す図である。図7(a)、(b)はそれぞれ、実施例3(又は実施例12~15の何れか)において光ディスクD1、D2を使用した時の球面収差を示す図である。図5~7の各図の縦軸は入射瞳座標を、横軸は球面収差量(単位: rms)を示す。また、図5(a)、図6(a)、図7(a)中、実線、点線、一点鎖線はそれぞれ、レーザー光束L1の波長λ1が406nm、411nm、401nmである時の球面収差を示す。図5(b)、図6(b)、図7(b)中、実線、点線、一点鎖線はそれぞれ、レーザー光束L2の波長λ2が662nm、667nm、657nmである時の球面収差を示す。

10

【0099】

【表17】

実施例の条件値

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
条件(1)	0.95	1.13	1.38	0.83	0.88	1.05	1.19	0.99	1.05	1.25
条件(2)	0.95	1.13	1.38	0.83	0.88	1.05	1.19	0.99	1.05	1.25
条件(3)	490	490	520	450	470	510	530	450	470	510
条件(4)	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
条件(5)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
条件(6)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
条件(7)	0.95	1.13	1.38	0.83	0.88	1.05	1.19	0.99	1.05	1.25
条件(8)	0.95	1.13	1.38	0.83	0.88	1.05	1.19	0.99	1.05	1.25
spot サイズ	0.397	0.392	0.385	0.400	0.399	0.394	0.391	0.395	0.394	0.389

20

	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	比較例1	比較例2
条件(1)	1.41	1.30	1.18	1.09	1.03	0.79	1.52
条件(2)	1.41	1.30	1.18	1.09	1.03		
条件(3)	530	510	490	470	450	425	540
条件(4)	405	405	405	405	405	405	405
条件(5)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
条件(6)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
条件(7)	1.41	1.30	1.18	1.09	1.03	0.79	1.52
条件(8)	1.41	1.30	1.18	1.09	1.03		
spot サイズ	0.385	0.387	0.390	0.392	0.393	0.402	0.383

30

【0100】

表17に示されるように、比較例1又は比較例2の構成では、条件(1)が満たされない。具体的には、比較例1は、条件(1)の下限を下回るため、第二領域REの透過光量が非常に少なくなり、第二領域REがレーザー光束L1に対して実質的に開口制限機能を持つ領域として作用する。そのため、NAが変化して、光ディスクD1の記録面に良好なスポットが形成されない。比較例2は、条件(1)の上限を上回るため、第二領域REの透過光量が第一領域RCの透過光量と比べて過剰である。よって、超解像の影響が避けられず、第一の光ディスクの記録面上でスポットが絞られすぎる。これに対して、実施例1~15の構成では、表17に示されるように、条件(1)が満たされる。そのため、実施例1~15では、図5~7に示されるように、何れの光ディスク使用時にも球面収差が良好に補正されつつ、周辺側透過光量と中央側透過光量とのバランスがとれる。そのため、表17又は図4(c)に示されるように、理想レンズの場合(0.395μm)とほぼ同

40

50

じサイズのスポットが光ディスクD1の記録面上に形成されて、光ディスクD1とD2の両規格に対する情報の記録又は再生が良好に行われる。なお、実施例1～15では、更に、条件(2)～(6)も満たされる。実施例1、2、5、6、8、9、14、15においては、条件(7)、(8)が更に満たされる。よって、実施例1～15では、各条件を満たすことによる更なる効果が奏される。

【0101】

また、実施例1～15において対物レンズ10は、第二領域REに段差を多数設けることによって周辺側透過光量を減じつつも回折作用を強めているため、温度変化時に発生する球面収差が良好に補正される。具体的には、レーザー光束L1の温度変化に伴う球面収差の変動量が、実施例1、4～7では $-0.011 \text{ rms} / 50$ に、実施例2、8～11では $-0.153 \text{ rms} / 50$ に、それぞれ抑えられている。実施例3、12～15では $-0.159 \text{ rms} / 50$ に、それぞれ抑えられている。

10

【0102】

また、実施例1～15において段差のダレhを段差高さDと同等と考えているが、成形条件等によって段差のダレhが変化した場合においても、条件(1)又は(2)を満たすことで本発明の目的は達成される。更に、条件(7)又は(8)も満たせば更なる効果が奏される。また、通常の成形条件の範囲内で段差のダレhは段差高さDの0.3倍から2倍程度まで変化する可能性がある。

【0103】

以上が本発明の実施形態の説明である。本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。

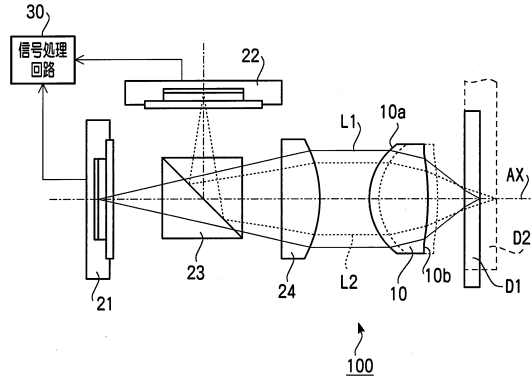
20

【符号の説明】

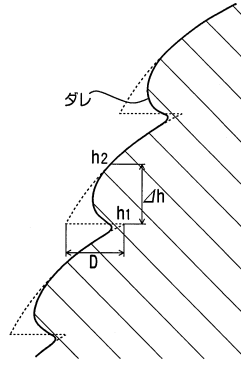
【0104】

- 10 対物レンズ
- 21 BD用モジュール
- 22 DVD用モジュール
- 23 ビームコンバイナ
- 24 コリメートレンズ
- 100 光情報記録再生装置

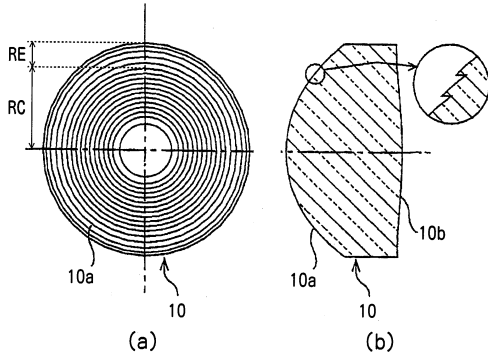
【図1】



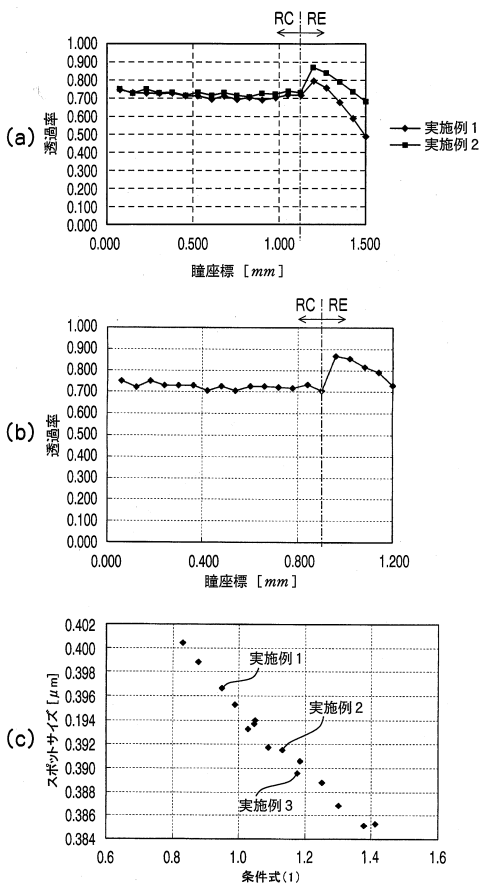
【図3】



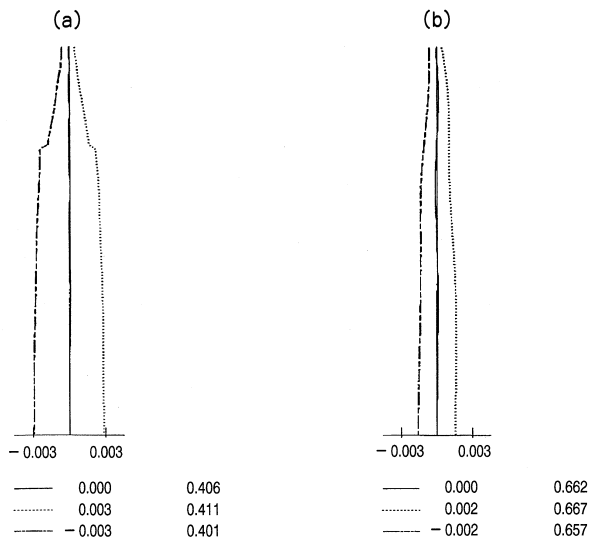
【図2】



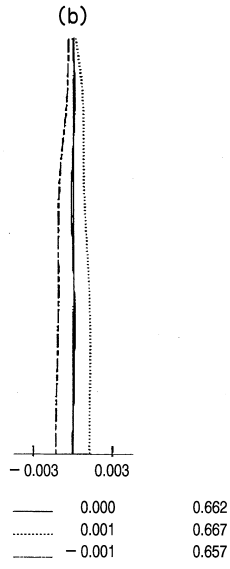
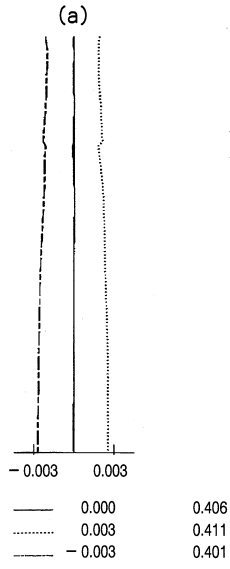
【図4】



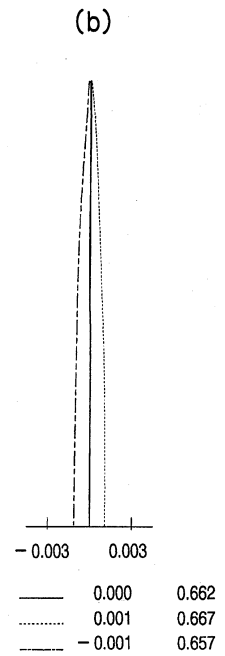
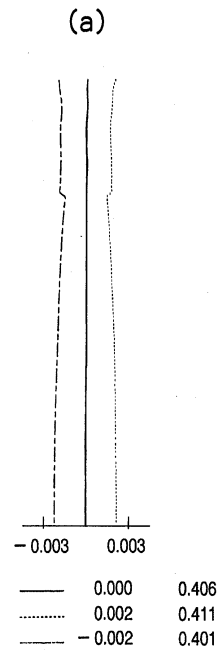
【図5】



【 6 】



【 7 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-081566(JP,A)
特開2002-236253(JP,A)
特開2004-101931(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 7/12 - 7/22
G02B 13/00
G02B 13/18